



Запорізький національний технічний університет

Радіоелектроніка, інформатика, управління

Науковий журнал

Виходить чотири рази на рік

№ 4(43) 2017

Заснований у січні 1999 року.

Засновник і видавець – Запорізький національний технічний університет.

ISSN 1607-3274 (друкований), ISSN 2313-688X (електронний).

Запоріжжя

ЗНТУ

2017

Запорожский национальный технический университет

Радиоэлектроника, информатика, управление

Научный журнал

Выходит четыре раза в год

№ 4(43) 2017

Основан в январе 1999 года.

Основатель и издатель – Запорожский национальный технический университет.

ISSN 1607-3274 (печатный), ISSN 2313-688X (электронный).

Запорожье

ЗНТУ

2017

Zaporizhzhya National Technical University

Radio Electronics, Computer Science, Control

The scientific journal

Published four times per year

№4(43) 2017

Founded in January 1999.

Founder and publisher – Zaporizhzhya National Technical University.

ISSN 1607-3274 (print), ISSN 2313-688X (on-line).

Zaporizhzhya

ZNTU

2017

Науковий журнал «Радіоелектроніка, інформатика, управління» (скорочена назва – РІУ) видається Запорізьким національним технічним університетом (ЗНТУ) з 1999 р. періодичністю чотири номери на рік.

Зареєстрований Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення 29.01.2003 р. Свідцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серія KB №6904.

ISSN 1607-3274 (друкований), ISSN 2313-688X (електронний).

Наказом Міністерства освіти і науки України № 1328 від 21.12.2015 р. «Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства щодо діяльності спеціалізованих вчених рад від 15 грудня 2015 року» **журнал включений до переліку наукових фахових видань України**, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата фізико-математичних та технічних наук.

В журналі безкоштовно публікуються наукові статті англійською, російською та українською мовами.

Правила оформлення статей подано на сайті: <http://ric.zntu.edu.ua/information/authors>.

Журнал забезпечує **безкоштовний відкритий он-лайн доступ** до повнотекстових публікацій.

Журнал дозволяє авторам мати авторські права і зберігати права на видання без обмежень. Журнал дозволяє користувачам читати, завантажувати, копіювати, поширювати, друкувати, шукати або посилатися на повні тексти своїх статей. Журнал дозволяє повторне використання його вмісту у відповідності з CC ліцензією CC-BY.

Опублікованими статтями присвоюється унікальний ідентифікатор цифрового об'єкта DOI.

Журнал входить до наукометричної бази Web of Science.

Журнал реферується та індексується у провідних міжнародних та національних реферативних журналах і наукометричних базах даних, а також розміщується у цифрових архівах та бібліотеках з безкоштовним доступом у режимі on-line (у т. ч. DOAJ, DOI, CrossRef, EBSCO, eLibrary.ru / РИНЦ, Google Scholar, Index Copernicus, INSPEC, ISSN, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, ВІНТИ, Джерело), повний перелік яких подано на сайті: <http://ric.zntu.edu.ua/about/editorialPolicies#custom-0>.

Журнал розповсюджується за Каталогом періодичних видань України (передплатний індекс – 22914).

Тематика журналу містить: радіофізику, мікро-, нано- і радіоелектроніку, апаратне і програмне забезпечення комп'ютерної техніки, комп'ютерні мережі і телекомунікації, теорію алгоритмів і програмування, оптимізацію і дослідження операцій, міжмашинну і людино-машинну взаємодію, математичне і комп'ютерне моделювання, обробку даних і сигналів, управління в технічних системах, штучний інтелект, включаючи системи, засновані на знаннях, і експертні системи, інтелектуальний аналіз даних, розпізнавання образів, штучні нейронні і нейро-нечіткі мережі, нечітку логіку, колективний інтелект і мультиагентні системи, гібридні системи.

Усі статті, пропоновані до публікації, одержують **об'єктивний розгляд**, що оцінюється за суттю без урахування раси, статі, віросповідання, етнічного походження, громадянства або політичної філософії автора(ів).

Усі статті проходять двоступінчасте закрите (анонімне для автора) **рецензування** штатними редакторами і незалежними рецензентами – провідними вченими за профілем журналу.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор – Субботін С. О., д-р. техн. наук, Україна

Заст. головного редактора – Піза Д. М., д-р техн. наук, Україна

Члени редколегії:

Андрюлідакіс Й., д-р філософії, Греція

Безрук В. М., д-р техн. наук, Україна

Бодяньський Є. В., д-р техн. наук, Україна, редактор розділу з управління

Васильєв С. М., д-р фіз.-мат. наук, академік РАН, Росія

Гімплевич Ю. Б., д-р техн. наук, Україна

Горбань О. М., д-р фіз.-мат. наук, Великобританія

Дробахін О. О., д-р фіз.-мат. наук, Україна

Зайцева О. М., канд. фіз.-мат. наук, Словаччина

Камеяма М., д-р техн. наук, Японія

Карпуков Л. М., д-р техн. наук, Україна

Корніч Г. В., д-р фіз.-мат. наук, Україна, редактор розділу з радіофізики

Кулік А. С., д-р техн. наук, Україна

Лебедев Д. В., д-р техн. наук, Україна, редактор розділу з управління

Левашенко В. Г., канд. фіз.-мат. наук, Словаччина

Лиснянський А., канд. техн. наук, Ізраїль

Марковська-Качмар У., д-р наук, Польща

Олещук В. О., канд. фіз.-мат. наук, Норвегія, редактор розділу з радіоелектроніки

Онуфрієнко В. М., д-р фіз.-мат. наук, Україна

Папшицький М., д-р філософії, Польща

Погосов В. В., д-р фіз.-мат. наук, Україна

Рубель О. В., канд. техн. наук, Канада

Хаханов В. І., д-р техн. наук, Україна, редактор розділу з інформатики

Шарпанських О. А., д-р філософії, Нідерланди, редактор розділу з інформатики

Рекомендовано до видання вченою радою ЗНТУ, протокол № 5 від 28.12.2017.

Журнал зверстаний редакційно-видавничим відділом ЗНТУ.

Веб-сайт журналу: <http://ric.zntu.edu.ua>.

Адреса редакції: Редакція журналу «РІУ», Запорізький національний технічний університет, вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063, Україна.

Тел: (061) 769-82-96 – редакційно-видавничий відділ

Факс: (061) 764-46-62

E-mail: rvv@zntu.edu.ua

© Запорізький національний технічний університет, 2017

Научный журнал «Радиоэлектроника, информатика, управление» (сокращенное название – РИУ) издается Запорожским национальным техническим университетом (ЗНТУ) с 1999 г. периодичностью четыре номера в год.

Зарегистрирован Государственным комитетом информационной политики, телевидения и радиовещания 29.01.2003 г. (Свидетельство о государственной регистрации печатного средства массовой информации серия КВ №6904).

ISSN 1607-3274 (печатный), **ISSN 2313-688X** (электронный).

Приказом Министерства образования и науки Украины № 1328 от 21.12.2015 г. «Об утверждении решений Аттестационной коллегии Министерства относительно деятельности специализированных ученых советов от 15 декабря 2015 года» **журнал включен в перечень научных профессиональных изданий Украины**, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата физико-математических и технических наук.

В журнале бесплатно публикуются научные статьи на английском, русском и украинском языках.

Правила оформления статей представлены на сайте: <http://ric.zntu.edu.ua/information/authors>.

Журнал обеспечивает **бесплатный открытый он-лайн доступ** к полнотекстовым публикациям. Журнал разрешает авторам иметь авторские права и сохранять права на издание без ограничений. Журнал разрешает пользователям читать, загружать, копировать, распространять, печатать, искать или ссылаться на полные тексты своих статей. Журнал разрешает повторное использование его содержания в соответствии с CC лицензией CC-BY.

Опубликованным статьям присваивается уникальный идентификатор цифрового объекта DOI.

Журнал входит в наукометрическую базу Web of Science.

Журнал реферируется и индексируется в ведущих международных и национальных реферативных журналах и наукометрических базах данных, а также размещается в цифровых архивах и библиотеках с бесплатным доступом on-line (в т.ч. DOAJ, DOI, CrossRef, EBSCO, eLibrary.ru / РИНЦ, Google Scholar, Index Copernicus, INSPEC, ISSN, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, ВИНИТИ, Джэрэло), полный перечень которых представлен на сайте: <http://ric.zntu.edu.ua/about/editorialPolicies#custom-0>.

Журнал распространяется по Каталогу периодических изданий Украины (подписной индекс – 22914).

Тематика журнала включает: радиофизику, микро-, нано- и радиоэлектронику, аппаратное и программное обеспечение компьютерной техники, компьютерные сети и телекоммуникации, теорию алгоритмов и программирования, оптимизацию и исследование операций, межмашинное и человеко-машинное взаимодействие, математическое и компьютерное моделирование, обработку данных и сигналов, управление в технических системах, искусственный интеллект, включая системы, основанные на знаниях, и экспертные системы, интеллектуальный анализ данных, распознавание образов, искусственные нейронные и нейро-нечеткие сети, нечеткую логику, коллективный интеллект и мультиагентные системы, гибридные системы.

Все статьи, предлагаемые к публикации, получают **объективное рассмотрение**, которое оценивается по существу без учета расы, пола, вероисповедания, этнического происхождения, гражданства или политической философии автора(ов).

Все статьи проходят двухступенчатое закрытое (анонимное для автора) **рецензирование** штатными редакторами и независимыми рецензентами – ведущими учеными по профилю журнала.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Субботин С. А., д-р. техн. наук, Украина

Зам. главного редактора – Пиза Д. М., д-р техн. наук, Украина

Члены редколлегии:

Андропулидакис И., д-р философии, Греция

Безрук В. М., д-р техн. наук, Украина

Бодянский Е. В., д-р техн. наук, Украина, редактор раздела по управлению

Васильев С. Н., д-р физ.-мат. наук, академик РАН, Россия

Гимпилевич Ю. Б., д-р техн. наук, Украина

Горбань А. Н., д-р физ.-мат. наук, Великобритания

Дробахин О. О., д-р физ.-мат. наук, Украина

Зайцева Е. Н., канд. физ.-мат. наук, Словакия

Камеяма М., д-р техн. наук, Япония

Карпуков Л. М., д-р техн. наук, Украина

Корнич Г. В., д-р физ.-мат. наук, Украина, редактор раздела по радиофизике

Кулик А. С., д-р техн. наук, Украина

Лебедев Д. В., д-р техн. наук, Украина, редактор раздела по управлению

Левашенко В. Г., канд. физ.-мат. наук, Словакия

Лиснянский А., канд. техн. наук, Израиль

Марковска-Качмар У., д-р наук, Польша

Олещук В. А., канд. физ.-мат. наук, Норвегия, редактор радиоэлектроники

Онуфриенко В. М., д-р физ.-мат. наук, Украина

Папицкий М., д-р философии, Польша

Погосов В. В., д-р физ.-мат. наук, Украина

Рубель О. В., канд. техн. наук, Канада

Хаханов В. И., д-р техн. наук, Украина, редактор раздела по информатике

Шарпанских А. А., доктор философии, Нидерланды – редактор раздела по информатике

Рекомендовано к изданию ученым советом ЗНТУ, протокол № 5 от 28.12.2017.

Журнал сверстан редакционно-издательским отделом ЗНТУ.

Веб-сайт журнала: <http://ric.zntu.edu.ua>.

Адрес редакции: Редакция журнала «РИУ», Запорожский национальный технический университет, ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, 69063, Украина.

Тел.: +38-061-769-82-96 – редакционно-издательский отдел

Факс: (061) 764-46-62

E-mail: rvv@zntu.edu.ua

© Запорожский национальный технический университет, 2017

The scientific journal «Radio Electronics, Computer Science, Control» is published by the Zaporizhzhya National Technical University (ZNTU). since 1999 with periodicity four numbers per year.

The journal is registered by the State Committee for information policy, television and radio broadcasting of Ukraine in 29.01.2003. The journal has a State Registration Certificate of printed mass media (series KB №6904).

ISSN 1607-3274 (print), **ISSN 2313-688X** (on-line).

By the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine from 21.12.2015 № 1328 “On approval of the decision of the Certifying Collegium of the Ministry on the activities of the specialized scientific councils dated 15 December 2015” **journal is included in the list of scientific specialized periodicals of Ukraine**, where the results of dissertations for Doctor of Science and Doctor of Philosophy in Mathematics and Technical Sciences may be published.

The journal publishes scientific articles in English, Russian, and Ukrainian free of charge.

The **article formatting rules** are presented on the site: <http://ric.zntu.edu.ua/information/authors>.

The journal provides policy of **on-line open (free of charge) access** for full-text publications. The journal allow the authors to hold the copyright without restrictions and to retain publishing rights without restrictions. The journal allow readers to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of its articles. The journal allow reuse and remixing of its content, in accordance with a CC license CC-BY.

Published articles have a unique digital object identifier (DOI).

The journal is included into Web of Science.

The journal is abstracted and indexed in leading international and national abstracting journals and scientometric databases, and also placed to the digital archives and libraries with a free on-line access (including DOAJ, DOI, CrossRef, EBSCO, eLibrary.ru / РИИЦ, Google Scholar, Index Copernicus, INSPEC, ISSN, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, VINITI (All-Russian Institute of scientific and technical information), Djerelo), full list of which is presented on the site: <http://ric.zntu.edu.ua/about/editorialPolicies#custom-0>.

The journal is distributed by the Catalogue of Ukrainian periodicals (the catalog number is 22914).

The journal scope: radio physics, micro-, nano- and radio electronics, computer hardware and software, computer networks and telecommunications, algorithm and programming theory, optimization and operations research, machine-machine and man-machine interfacing, mathematical modeling and computer simulation, data and signal processing, control in technical systems, artificial intelligence, including knowledge-based and expert systems, data mining, pattern recognition, artificial neural and neuro-fuzzy networks, fuzzy logics, swarm intelligence and multiagent systems, hybrid systems.

All articles proposed for publication receive an **objective review** that evaluates substantially without regard to race, sex, religion, ethnic origin, nationality, or political philosophy of the author(s).

All articles undergo a two-stage **blind peer review** by the editorial staff and independent reviewers – the leading scientists on the profile of the journal.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief: S. A. Subbotin, Doctor of Science in Engineering, Ukraine

Deputy Editor-in-Chief: D. M. Piza, Doctor of Science in Engineering, Ukraine

Members of Editorial Board:

I. Androulidakis, Ph. D, Greece

V. M. Bezruk, Doctor of Science in Engineering, Ukraine

Ye. V. Bodyanskiy, Doctor of Science in Engineering, Ukraine, Control section editor

O. O. Drobakhin, Doctor of Science in Physics and Mathematics

Yu. B. Gimpilevich, Doctor of Science in Engineering, Ukraine

A. N. Gorban, Doctor of Science in Physics and Mathematics, United Kingdom

V. I. Hahanov, Doctor of Science in Engineering, Ukraine, Computer Science section editor

M. Kameyama, Doctor of Science, Japan

L. M. Karpukov, Doctor of Science in Engineering, Ukraine

G. V. Kornich, Doctor of Science in Physics and Mathematics, Ukraine, Radio Physics section editor

A. S. Kulik, Doctor of Science in Engineering, Ukraine

D. V. Lebedev, Doctor of Science in Engineering, Ukraine, Control section editor

V. G. Levashenko, Ph.D, Slovakia

A. Lisnianski, Ph.D, Israel

U. Markowska-Kaczmar, Doctor of Science, Poland

V. A. Oleshchuk, Ph.D in Physics and Mathematics, Norway, Radio Electronics section editor

V. M. Onufrienko, Doctor of Science in Physics and Mathematics, Ukraine

M. Paprzycki, Ph.D, Poland

V. V. Pogosov, Doctor of Science in Physics and Mathematics, Ukraine

O. V. Rubel, Ph.D, Canada

A. A. Sharpanskykh, Ph.D, Netherlands, Computer Science section editor

S. N. Vassilyev, Doctor of Science in Physics and Mathematics, Academician of Russian Academy of Sciences, Russia

E. N. Zaitseva, Ph.D, Slovakia

Recommended for publication by the Academic Council of ZNTU, protocol № 5 dated 28.12.2017.

The journal is imposed by the editorial-publishing department of ZNTU.

The journal web-site is <http://ric.zntu.edu.ua>.

The address of the editorial office: Editorial office of the journal «Radio Electronics, Computer Science, Control», Zaporizhzhia National Technical University, Zhukovskiy street, 64, Zaporizhzhya, 69063, Ukraine.

Tel.: +38-061-769-82-96 – the editorial-publishing department.

Fax: +38-061-764-46-62

E-mail: rvv@zntu.edu.ua

© Zaporizhzhya National Technical University, 2017

ЗМІСТ

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ.....	7
<i>Абрамович А. А., Каширский И. С., Поддубный В. А.</i>	
МЕТОД ОБРАБОТКИ ОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ ВИХРЕТОКОВЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.....	7
<i>Базіло К. В.</i>	
ПРИНЦИПЫ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ІМПЕДАНСУ КОЛИВАЛЬНОГО П'ЄЗОКЕРАМІЧНОГО ДИСКА В ОБЛАСТІ СЕРЕДНІХ ЧАСТОТ.....	15
<i>Piza D. M., Bugrova T. I., Lavrentiev V. M., Semenov D. S.</i>	
SELECTOR OF CLASSIFIED TRAINING SAMPLES FOR SPATIAL PROCESSING OF SIGNALS UNDER THE IMPACT OF COMBINED CLUTTER AND JAMMING.....	26
МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.....	33
<i>Борисенко В. Д., Устенко С. А., Устенко І. В.</i>	
ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ ПЕРЕХІДНИХ КРИВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ.....	33
<i>Журавчак Л. М., Забродська Н. В.</i>	
РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРУЖНОДИНАМІЧНОЇ ЗАДАЧІ У ПОРИСТОМУ ФЛЮЇДОНАСИЧЕНОМУ КУСКОВО- ОДНОРІДНОМУ ПІВПРОСТОРІ НЕПРЯМИМ МЕТОДОМ ПРИГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	40
<i>Радченко С. Г.</i>	
КОРРЕКТНОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	49
<i>Шигимага В. А., Мегель Ю. Е., Коваленко С. В., Коваленко С. Н.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ МЕМБРАНЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ В ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ С ИЗМЕНЯЕМОЙ НАПРЯЖЕННОСТЬЮ.....	57
НЕЙРОІНФОРМАТИКА ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ.....	66
<i>Бойко Н. І.</i>	
ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИКИХ ДАНИХ У РОЗПОДІЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ.....	66
<i>Кондратенко Н. Р., Снігур О. О.</i>	
ІНТЕРВАЛЬНИЙ НЕЧІТКИЙ КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АРТЕЗІАНСЬКОЇ СВЕРДЛОВИНИ.....	77
<i>Oliinyk A., Subbotin S., Lovkin V., Blagodariov O., Zaiko T.</i>	
THE SYSTEM OF CRITERIA FOR FEATURE INFORMATIVENESS ESTIMATION IN PATTERN RECOGNITION.....	85
<i>Пелешак Р. М., Литвин В. В., Пелешак І. Р.</i>	
ДИНАМІКА НЕЛІНІЙНОГО ОСЦИЛЯТОРНОГО НЕЙРОНА ПРИ ДІЇ ЗОВНІШНЬОГО НЕСТАЦІОНАРНОГО СИГНАЛУ.....	97
ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	106
<i>Бабаков Р. М.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТУРНЫХ ЗАТРАТ В МИКРОПРОГРАММНОМ АВТОМАТЕ С ОПЕРАЦИОННЫМ АВТОМАТОМ ПЕРЕХОДОВ.....	106
<i>Даденков С. А., Даденков Д. А.</i>	
МОДЕЛЬ ЦИКЛИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАДАЧ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	116
<i>Davydov M. V., Lozynska O. V., Pasichnyk V. V.</i>	
EFFECTIVE ALGORITHM FOR PARSING SENTENCES USING SEMANTICALLY ATTRIBUTED WEIGHTED AFFIX CONTEXT FREE.....	124
<i>Козуля Т. В., Білова М. О.</i>	
ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА МЕТОДІВ З КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	131
<i>Коробчинський М. В., Чурун Л. Б., Висоцька В. А., Кондратьев С. О.</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ КОНТЕНТУ ІНТЕРНЕТ-ГАЗЕТИ МУЗИЧНИХ НОВИН.....	139
<i>Рачок Р. В., Боровик О. В., Боровик Л. В.</i>	
СТРУКТУРНА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	151
<i>Табунчик Г. В., Каплиенко Т. И., Шитикова Е. В.</i>	
МОДЕЛЬ ВЕРИФИКАЦИИ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕННЫМИ РЕСУРСАМИ.....	162
УПРАВЛІННЯ У ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ.....	168
<i>Bobyr M. V., Milostnaya N. A.</i>	
A SOFT FUZZY ALGORITHM OF THE MOBILE ROBOT CONTROL.....	168
<i>Гусєва Ю. Ю., Мартиненко О. С., Кадикова І. М., Чумаченко І. В.</i>	
МЕТРИКИ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВИМОГ У ПРОЕКТАХ.....	179
<i>Зімчук І. В.</i>	
СИНТЕЗ ЦИФРОВИХ РЕГУЛЯТОРІВ ПОНИЖЕНОГО ПОРЯДКУ ДЛЯ ЗАМКНУТИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НЕПЕРЕРВНИМИ ОБ'ЄКТАМИ.....	187
<i>Качан Ю. Г., Єрофєєва А. А.</i>	
ІННОВАЦІЙНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ НАГРІВАННЯ МЕТАЛУ У ПЕЧІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОСТОРОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ.....	193
<i>Тимченко В. Л., Лебедев Д. О.</i>	
АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕДУРЫ СИНТЕЗА СИСТЕМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МОРСКИМИ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	200

CONTENTS

RADIO ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS.....	7
<i>Abramovych A. A., Kashirsky I. S., Poddubny V. A.</i>	
METHOD OF PROCESSING THE REFLECTED SIGNALS FROM PULSED EDDY CURRENT CONVERTERS.....	7
<i>Bazilo C. V.</i>	
PRINCIPLES OF ELECTRICAL IMPEDANCE CALCULATING OF OSCILLATING PIEZOCERAMIC DISK IN THE AREA OF MEDIUM FREQUENCIES.....	15
<i>Piza D. M., Bugrova T. I., Lavrentiev V. M., Semenov D. S.</i>	
SELECTOR OF CLASSIFIED TRAINING SAMPLES FOR SPATIAL PROCESSING OF SIGNALS UNDER THE IMPACT OF COMBINED CLUTTER AND JAMMING.....	26
MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING.....	33
<i>Borisenko V. D., Ustenko S. A., Ustenko I. V.</i>	
GEOMETRIC MODELLING OF RAILWAYS SPATIAL TRANSITION CURVE.....	33
<i>Lubov Zhuravchak, Natalia Zabrods'ka,</i>	
SOLVING OF ELASTIC DYNAMICAL PROBLEM IN A POROUS FLUID-SATURATED PIECEWISE-HOMOGENEOUS HALF-SPACE BY THE INDIRECT METHOD OF NEAR-BOUNDARY ELEMENTS.....	40
<i>Radchenko S. G.</i>	
CORRECT STATISTICAL MODELING IN CONDITIONS OF INCOMPLETE INITIAL INFORMATION.....	49
<i>Shigimaga V. A., Megel Yu. Ye., Kovalenko S. V., Kovalenko S. M.</i>	
MODELLING AND ANALYSIS OF ELECTROPORATION PARAMETERS OF THE MEMBRANE OF A BIOLOGICAL CELL IN A VARIED INTENSITY PULSED ELECTRIC FIELD.....	57
NEUROINFORMATICS AND INTELLIGENT SYSTEMS.....	66
<i>Boyko N.</i>	
ADVANCED TECHNOLOGIES OF BIG DATA RESEARCH IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS.....	66
<i>Kondratenko N. R., Snihur O. O.</i>	
INTERVAL FUZZY CLUSTER ANALYSIS FOR ARTESIAN WEL L STATE MONITORING.....	77
<i>Oliinyk A., Subbotin S., Lovkin V., Blagodariov O., Zaiko T.</i>	
THE SYSTEM OF CRITERIA FOR FEATURE INFORMATIVENESS ESTIMATION IN PATTERN RECOGNITION.....	85
<i>Peleshchak R. M., Lytvyn V. V., Peleshchak I. R.</i>	
THE DYNAMICS OF NONLINEAR OCILLATOR NEURON BY THE ACTION OF EXTERNAL NON-STATIONARY SIGNAL.....	97
PROGRESSIVE INFORMATION TECHNOLOGIES.....	106
<i>Babakov R. M.</i>	
RESEARCH OF HARDWARE EXPENSES IN MICROPROGRAM FINAL-STATE MACHINE WITH DATAPATH OF TRANSITIONS.....	106
<i>Dadenkov S. A., Dadenkov D. A.</i>	
ROUND-ROBIN PREEMPTIVE SCHEDULER MODEL IN DISTRIBUTED REAL-TIME SYSTEM.....	116
<i>Davydov M. V., Lozynska O. V., Pasichnyk V. V.</i>	
EFFECTIVE ALGORITHM FOR PARSING SENTENCES USING SEMANTICALLY ATTRIBUTED WEIGHTED AFFIX CONTEXT FREE.....	124
<i>Kozulia T. V., Bilova M. O.</i>	
INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM ASSESSMENT METHODS OF COMPLEX OBJECTS.....	131
<i>Korobchynskiy M. V., Chyrun L. B., Vysotska V. A., Kondratiev E. O.</i>	
OF CONTENT FORMATION AND ANALYSIS FEATURES IN ONLINE NEWSPAPER OF MUSIC NEWS.....	139
<i>Rachok R. V., Borovik O. V., Borovik L. V.</i>	
STRUCTURAL OPTIMIZATION OF THE SYSTEM OF OPTICAL-ELECTRONIC OBSERVATION.....	151
<i>Tabunshchik G. V., Kapliienko T. I., Shytikova O. V.</i>	
VERIFICATION MODEL FOR THE SYSTEMS WITH LIMITED RESOURCES.....	162
CONTROL IN TECHNICAL SYSTEMS.....	168
<i>Bobyr M. V., Milostnaya N. A.</i>	
A SOFT FUZZY ALGORITHM OF THE MOBILE ROBOT CONTROL.....	168
<i>Husieva Yu. Yu., Martynenko O. S., Kadykova I. M., Chumachenko I. V.</i>	
METRICS OF MANAGEMENT AND CONTROL REQUIREMENTS PROCESSES IN PROJECTS.....	179
<i>Zimchuk I. V.</i>	
SYNTHESIS THE DIGITAL REGULATORS OF LOWERED ORDER FOR THE RESERVED SYSTEMS MANAGEMENT BY CONTINUOUS OBJECTS.....	187
<i>Kachan Y. G., Yerofieieva A. A.</i>	
THE INNOVATIVE CONTROL OF THE HEATING UP PROCESS OF THE METAL IN THE FURNACE USING SPATIAL ELECTRIC FIELD.....	193
<i>Timchenko V. L., Lebedev D. O.</i>	
ALGORITHMIC PROCEDURES OF SYNTHESIS OF VARIABLE STRUCTURE SYSTEMS FOR MARINE VEHICLES CONTROL.....	200

формул в процесі управління мобільним роботом виникатимуть ситуації в яких робот втратить керування. Також в статті показано, що реалізація можливості в м'якому алгоритмі нечіткого виведення опції зміна параметрів сигмодальних функцій приналежностей, дозволить мінімізувати погіршеності на його виході. Про це свідчить динаміка зміни коефіцієнта RMSE від варіювання параметрів сигмодальної функції. Додаткове імітаційне моделювання представлено в статті показує, що при варіюванні коефіцієнтів сигмодальної функції приналежності, зокрема при збільшенні параметра а спостерігається зменшення значення коефіцієнта RMSE. Ефективність запропонованого м'якого алгоритму підтверджують представлено в статті чисельне моделювання і експерименти дослідження переміщення мобільного робота вздовж ліній.

Результати. Розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для мікроконтролера Arduino Uno, що реалізовує запропонований алгоритм, і що дозволяє здійснити експериментальне дослідження його властивостей.

Висновки. Проведені чисельні і експериментальні дослідження підтвердили працездатність запропонованого м'якого алгоритму і реалізованого програмного забезпечення, а також дозволяють рекомендувати їх для вживання на практиці для управління мобільними роботами.

Ключові слова: нечітка система виведення, нечіткі множини; RMSE; м'які обчислення; мобільний робот.

REFERENCES

- Shtovba S. D., Galushchak A. V. Fuzzy classifier learning based on distance between the main competitors, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2016, No. 2, pp. 70–76. DOI: 10.15588/1607-3274-2016-2-9
- Subbotin S. A. The neuro-fuzzy network synthesis with the ranking and specific encoding of features for the diagnosis and automatic classification on precedents, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2016, No. 1, pp. 50–57. DOI: 10.15588/1607-3274-2016-1-6
- Fateh M. M., Fateh S. A precise robust fuzzy control of robots using voltage control strategy, *International Journal of Automation and Computing*, 2013, No. 10, pp. 64–72. DOI:10.1007/s11633-013-0697-x
- Brown M., Bossley K. M., Mills D. J., Harris C. J. High dimensional neurofuzzy systems: overcoming the curse of dimensionality, *Proceedings IEEE International Conference*, 1995, No. 4, pp. 2139–2146. DOI: 10.1109/fuzzy.1995.409976
- Gactoa M. J., Galende M., Alcalá R., Herrera F. METSK-HDE: A multiobjective evolutionary algorithm to learn accurate TSK-fuzzy systems in high-dimensional and large-scale regression problems, *Information Sciences*, 2014, Vol. 276, pp. 63–79. DOI:10.1016/j.ins.2014.02.047
- Vernieuwe H., De Baets B., Verhoest N.E.C. Comparison of clustering algorithms in the identification of Takagi-Sugeno models: A hydrological case study, *Fuzzy Sets and Systems*, 2006, Vol. 157, pp. 2876–2896. DOI:10.1016/j.fss.2006.04.007
- Bodyanskiy Ye. V., Ryabova N. V., Zolotukhin O. V. Multilayer adaptive fuzzy probabilistic neural network in classification problems of text documents, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2015, No. 1, pp. 39–45. DOI: 10.15588/1607-3274-2015-1-5
- Piegat A. Fuzzy modelling and control. Physica-Verlag, Heidelberg, 2001, 728 p. DOI:10.1007/978-3-7908-1824-6
- Shin M., Ryu K., Jung M. Reinforcement learning approach to goal-regulation in a self-evolutionary manufacturing system, *Expert Systems with Applications*, 2012, Vol.39, pp. 8736–8743. DOI: 10.1016/j.eswa.2012.01.207
- Zadeh L. A. Some reflections on soft computing, granular computing and their roles in the conception, design and utilization of information/intelligent systems, *Soft Computing*, 1998, No. 2, pp. 23–25. DOI:10.1007/s005000050030
- Bobyry M. V., Milostnaya N. A. Analysis of the use of soft arithmetic operations in the structure of fuzzy logic inference, *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii*, 2015, Vol. 133, pp. 7–15. DOI:10.14489/VKIT.2015.07.PP.007-015
- Zadeh L. A. Fuzzy sets, *Information and Control*, 1965, No. 8, pp. 338–353. DOI:10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- Zadeh L. A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility, *Fuzzy Sets and Systems*, 1999, Vol.100, pp. 9–34. DOI: 10.1016/S0165-0114(99)80004-9
- Bobyry M. V., Titov V. S., Nasser A. A. Automation of the cutting-speed control process based on soft fuzzy logic computing, *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, 2015, Vol. 44, No.7, pp. 61–69. DOI: 10.3103/S1052618815070067.
- Stepnicka M., De Baets B. Implication-based models of monotone fuzzy rule bases, *Fuzzy Sets and Systems*, 2013, Vol. 232, No.1, pp. 134–155. DOI: 10.1016/j.fss.2013.07.019
- Kumanan S., Jesuthanam C. P., Ashok R. Kumar Application of multiple regression and adaptive neurofuzzy inference system for the prediction of surface roughness, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, Vol. 35, pp. 778–788. DOI: 10.1007/s00170-006-0755-4
- Chernova I. V., Sumin S. A., Bobyr M. V., Seregin S. P. Forecasting and Diagnosing Cardiovascular Disease Based on Inverse Fuzzy Models, *Biomedical Engineering*, 2016, Vol. 49, No. 5, pp. 263–267. DOI 10.1007/s10527-016-9545-y.
- Driankov D., Hellendoorn H., Reinfrank M. An introduction to fuzzy control. Springer, Berlin, 1996, 316 p. DOI:10.1007/978-3-662-03284-8
- Neshat M., Adeli A., Sepidnam G., Sargolzaei M. Predication of concrete mix design using adaptive neural fuzzy inference systems and fuzzy inference systems, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2012, Vol.63, pp. 373–390. DOI:10.1007/s00170-012-3914-9
- Greenfield S., Chiclana F. Defuzzification of the discretised generalised type-2 fuzzy set: Experimental evaluation, *Information Sciences*, 2013, Vol. 244, pp. 1–25. DOI:10.1016/j.ins.2013.04.032
- Bobyry M., Titov V. S., Belyaev A. Fuzzy System of Distribution of Braking Forces on the Engines of a Mobile Robot, *MATEC Web of Conferences*, 2016, Vol.79, pp. 01052 DOI:10.1051/mateconf/20167901052
- Palani S., Natarajan U., Chellamalai M. On-line prediction of micro-turning multi-response variables by machine vision system using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS), *Machine Vision and Applications*, 2013, Vol.24, pp. 19–32. DOI: 10.1007/s00138-011-0378-0
- Deng X., Wang X. Incremental learning of dynamic fuzzy neural networks for accurate system modeling, *Fuzzy Set and System*, 2009, Vol. 60, pp. 972–987. DOI:10.1016/j.fss.2008.09.005
- Banakara A., Azeem M. F. Parameter identification of TSK neuro-fuzzy models, *Fuzzy Sets and Systems*, 2011, Vol. 179, pp. 62–82. DOI: 10.1016/j.fss.2011.05.003
- Bobyry M. V. Effect of conclusion rule on training of fuzzy-logic systems, *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii*, 2014, Vol. 125, pp. 28–35. DOI: 10.14489/vkit.2014.11.pp.028-035
- Azadeh A., Neshat N., Kazemi A., Saberi M. // Predictive control of drying process using an adaptive neuro-fuzzy and partial least squares approach, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2012, Vol.58, pp. 585–596. DOI: 10.1007/s00170-011-3415-2
- Selekwa M. F., Dunlap D. D., Shi D., Collins Jr. E. G. Robot navigation in very cluttered environments by preference-based fuzzy behaviors, *Robotics and Autonomous Systems*, 2008, Vol. 56, pp. 231–246. DOI:10.1016/j.robot.2007.07.006
- Mo H., Tang Q., Meng L. Behavior-Based Fuzzy Control for Mobile Robot Navigation, *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, 10 p. DOI: 10.1155/2013/561451

Гусєва Ю. Ю.¹, Мартиненко О. С.², Кадикова І. М.³, Чумаченко І. В.⁴

¹Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

²Аспірант кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

³Канд. екон. наук, доцент, доцент кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

⁴Д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

МЕТРИКИ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВИМОГ У ПРОЕКТАХ

Актуальність. Процеси управління вимогами є одним з ключових чинників успіху або невдачі проекту. Дослідження у галузі проектного менеджменту вказують, що саме ці процеси є недостатньо формалізованими. Отже, є необхідність розробки та формалізації методів управління і контролю вимог, зокрема, для проектів, управління яких здійснюється за традиційними або комбінованими методологіями.

Мета роботи – формалізація метрик процесів управління вимогами у проектах. Об'єктом дослідження є процеси управління та контролю вимог у проектах, предметом дослідження – метрики, які характеризують вимоги у проекті.

Метод. Використано методи аналізу та синтезу, методи нечітких множин та операції над матрицями. Запропоновано використання моделі, яка встановлює зв'язки між окремими характеристиками проекту (ризиків, роботи, ресурси, вимоги, стейкхолдери та відповідальні особи проекту) за допомогою ієрархічної структури робіт. Запропоновано формалізацію метрик моделі, що дозволить відстежувати динаміку виконання проекту та ідентифікувати зацікавлені сторони проекту за визначеними напрямками.

Результати. На основі співставлення ієрархічної структури робіт з ієрархічними структурами вимог, ризиків, ресурсів та організаційною структурою проекту розроблено метод формалізації метрик управління вимогами проекту. Запропонований метод дозволяє відстежувати виконання вимог зацікавлених сторін проекту у часі у відповідності до обсягу фактично витрачених ресурсів по аналогії з методом освоєного обсягу. Адаптивність методу до традиційних процесів менеджменту проектів дає змогу використовувати вихідні дані – вже сформовані активи проекту та стандартне програмне забезпечення (зокрема, MS Project, Open-Proj) для практичної реалізації методу.

Висновки. Запропонований метод формалізує процеси управління вимогами у проекті, дозволяє визначати ресурсне та ризикове навантаження вимог, що доповнює існуючі моделі класифікації вимог даними метриками. Метод формалізації метрик управління вимогами проекту дозволяє також отримати інструменти для оцінювання ефективності команди проекту та класифікації зацікавлених сторін проекту. Проведені експерименти підтвердили працездатність запропонованого математичного забезпечення і дозволяють рекомендувати його використання на практиці при прийнятті проектних рішень щодо управління змінами та вимогами стейкхолдерів проекту. Перспективи подальших досліджень можуть полягати у розробці програмного забезпечення, що реалізує запропонований метод.

Ключові слова: управління вимогами, проект, метрика, ресурси, стейкхолдери, ризики.

НОМЕНКЛАТУРА

PMI – Project Management Institute;

WBS – Work Breakdown Structure (ієрархічна структура робіт проекту);

F – функція, що описує взаємозв'язок між двома елементами моделі у чіткій формі;

$M_{i,i-1}$ – матриця взаємозв'язків робіт рівнів i та $i-1$ ієрархічної структури робіт проекту;

$Recourse_i$ – матриця розподілу ресурсів за i -м рівнем ієрархічної структури робіт проекту;

$recourse_k$ – k -й ресурс проекту;

$R(resource)BS$ – ієрархічна структура ресурсів проекту;

$Requirement_i$ – матриця розподілу вимог за i -м рівнем ієрархічної структури робіт проекту;

$requirement_l$ – l -та вимога проекту;

$R(requirement)BS$ – ієрархічна структура вимог проекту;

$Responsibility_i$ – матриця розподілу відповідальних осіб за i -м рівнем ієрархічної структури робіт проекту;

$responsibility_z$ – z -та відповідальна особа проекту;

$R(responsibility)BS$ – організаційна структура проекту;

$Risk_i$ – матриця розподілу ризиків за i -м рівнем ієрархічної структури робіт проекту;

$risk_v$ – v -й ризик проекту;

$R(isk)BS$ – ієрархічна структура ризиків проекту;

$RRec$ – матриця взаємозв'язку вимог і ресурсів, необхідних для їх виконання;

$RRes$ – матриця взаємозв'язку вимог і осіб, відповідальних за їх виконання;

$RRis$ – матриця взаємозв'язку вимог і ризиків, що виникають при їх виконанні;

S – матриця розподілу вимог між стейкхолдерами проекту;

$stakeholder_u$ – u -й стейкхолдер проекту;

$w_{i,j}$ – j -та робота i -го рівня ієрархічної структури робіт проекту;

Φ – функція, що описує взаємозв'язок між двома елементами моделі у нечіткій формі.

ВСТУП

Управління вимогами на сьогодні є одним з ключових процесів для досягнення успішних результатів проектів та програм. Дослідження у галузі проектного уп-

равління Project Management Institute [1, 2] за останні роки вказують, що проблеми у роботі з вимогами посідають друге-третє місце серед чинників, які викликають провали проєктів. Доля респондентів, яка вказує саме таку причину невдачі проєкту стабільно складає 37-38%. До того ж відповідно [3] лише 49% респондентів відокремлюють ресурси для здійснення процесів управління вимогами у проєкті, а 47% – не здатні формалізувати процеси для об'єктивної валідації вимог. Отже, є необхідність у створенні методичного забезпечення процесів управління вимогами у проєктах і програмах.

У роботах [4, 5] пропонується використовувати співставлення ієрархічної структури робіт проєкту з наступними ієрархічними структурами:

- *R(requirement)BS* – ієрархічна структура вимог проєкту;
- *R(risk)BS* – ієрархічна структура ризиків проєкту;
- *R(resource)BS* – ієрархічна структура ресурсів проєкту;
- *R(responsibility)BS* – організаційна структура проєкту.

Таким чином, встановлюються відповідності «робота-вимога», «робота-ресурс», «робота-відповідальний», «робота-ризик» («work-requirement», «work-resource», «work-responsibility», «work-risk»). Графічно модель взаємозв'язків між елементами ієрархічних структур проєкту можна представити у вигляді кубу, гранями якого є ризики, роботи, ресурси, вимоги, стейкхолдери та відповідальні особи проєкту (risk, resource, requirement, responsibility, work, stakeholders – 4R & WS).

Метою даної статті є формалізація метрик процесів управління вимогами у проєктах. Об'єктом дослідження є процеси управління та контролю вимог у проєктах і програмах, предметом дослідження – метрики, які характеризують вимоги у проєкті.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Вхідними даними для аналізу є ієрархічна структура робіт проєкту. В ході дослідження вона доповнюється інформацією щодо розподілу ресурсів та відповідальних осіб за окремими роботами (ці зв'язки наявні при плануванні проєкту в чіткому виді), та даними щодо розподілення вимог та ризиків за роботами проєкту (дані такого роду зазвичай відсутні у чіткій формі, тому пропонується моделювати відповідні зв'язки за допомогою методів нечітких множин).

При формуванні вихідних даних необхідно враховувати існування різних типів вимог у проєкті: взаємовиключних (дві або більше вимог, які не можуть бути виконані одночасно в проєкті); підтримуючих (виконання однієї вимоги сприяє виконанню іншої); незалежних (виконання однієї вимоги не впливає на виконання іншої); обов'язкових (вимог, які повинні бути виконаними, наприклад, у відповідності до чинного законодавства) [6].

Результатом розробки методу буде встановлення формальних зв'язків між окремими елементами моделі 4R & WS. Зокрема, використання методу надасть змогу визначити ресурсо- та ризиконавантаженість певної вимоги, що, в свою чергу, забезпечить відповідними метриками процеси управління та контролю вимог у проєкті.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Аналіз і управління вимогами у проєктах здійснюється дослідниками за трьома основними напрямками:

– у межах бізнес-аналізу. Так, BABOK (A Guide To The Business Analysis Body Of Knowledge, [7]) має дві окремі галузі знань, які описують задачі управління вимогами: Requirements Life Cycle Management та Requirements Analysis and Design Definition.

– у межах традиційного проєктного менеджменту. Одним з найпоширеніших стандартів проєктного менеджменту є A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – стандарт, виданий PMI. У 2013 р. у п'ятому виданні цього стандарту [8] з'явилась нова галузь знань – управління зацікавленими сторонами проєкту, де, зокрема, розглядаються і питання аналізу вимог. З 2014 р. за результатами видання стандарту Business Analysis for Practitioners: A practice Guide [9] PMI стандартизує термін «бізнес-аналіз» як критичну компетенцію проєктного управління і з цього часу розглядає «управління вимогами» як компоненту бізнес аналізу. У 2016 р. PMI видає окремий стандарт з управління вимогами – Requirements Management: A Practice Guide [3], який розглядається як елемент, що пов'язує [8] і [9].

– у сфері інформаційних технологій. На цей час більшість досліджень, які присвячено питанням аналізу вимог (Requirements Engineering), стосуються розробки програмного забезпечення та інформаційних систем. Requirements Engineering описує процеси визначення, документування та виконання вимог і є складовою частиною системної та комп'ютерної інженерії. На цей час окрім «нишевих» методів аналізу та управління вимогами [10] існує стандарт, який пов'язує гнучкі методології розробки програмного забезпечення і методи бізнес-аналізу – Agile Extension to the BABOK Guide [11].

Слід зазначити, що, хоча стандарти [3, 7–9, 11] сформовані на основі «кращих практик», вони містять лише рекомендації щодо використання певних методів роботи з вимогами, без докладного опису методів та вказівок щодо їх адаптації до тієї або іншої галузі. При цьому значна частина методів є спільними для усіх стандартів, наприклад, це аналіз беклогу, використання функціонального моделювання, пріоритезація вимог, використання UML, тощо. Щодо практичного їх впровадження, більшість відповідних досліджень існує в сфері ІТ: визначення пріоритетів за допомогою методу MoSCoW та time-boxing [12], Quality Analyzer of Requirements Specification, Vienna development method (VDM) [13], Z notation [14].

У той же час у галузі традиційного проєктного менеджменту дослідники переважно приділяють увагу питанням управління стейкхолдерами проєктів, а не їх вимогами: відокремлюються такі невирішені завдання, як відсутність сформульованого переліку факторів визначення якості управління стейкхолдерами; необхідність подальшого розвитку стандартів стейкхолдер-менеджменту; нестача практичних підходів до управління; відсутність аналізу зв'язку між діями з управління стейкхолдерами та успішністю проєкту [15]; обґрунтовується актуальність створення механізмів багатомірного аналізу стейкхолдерів. Наявні праці мають описи алгоритму аналізу, але не містять математичного підґрунтя для його

проведення [16]; приділяється увага створенню програмного забезпечення для проведення стейкхолдер-аналізу. Наявні розробки засновані на використанні існуючих методів аналізу стейкхолдерів, отже, наслідують їх недоліки, зокрема, використання невеликої кількості факторів для аналізу, використання експертного оцінювання без процедури його верифікації [17]. Вітчизняні вчені, які займаються питаннями класифікації стейкхолдерів приділяють увагу переважно економічним, а не управлінським аспектам [18]. Однак необхідно зазначити, що питання управління зацікавленими сторонами проектів вже розглядається як стратегічне завдання [19], що корелює з позицією PMI.

Отже, є об'єктивна необхідність у розробці та формалізації методів управління і контролю вимог у проектах поза межами IT-галузі, зокрема, для проектів, управління яких здійснюється за традиційними або комбінованими методологіями.

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Зв'язки між роботами різних рівнів WBS можуть бути представлені у вигляді матриці (1), елементи якої вказу-

ють на наявність або відсутність зв'язку між роботами i -го та $(i-1)$ -го рівнів: $F=1$, якщо зв'язок є, і $F=0$ за відсутністю зв'язку:

$$M_{i,j-1} = w_{i,2} \begin{matrix} & w_{i-1,1} & w_{i-1,2} & \dots & w_{i-1,m} \\ \begin{matrix} w_{i,1} \\ F(w_{i,1}, w_{i-1,1}) \\ F(w_{i,2}, w_{i-1,1}) \\ \dots \\ F(w_{i,n}, w_{i-1,1}) \end{matrix} & \begin{matrix} F(w_{i,1}, w_{i-1,2}) \\ F(w_{i,2}, w_{i-1,2}) \\ \dots \\ F(w_{i,n}, w_{i-1,2}) \end{matrix} & \dots & \begin{matrix} F(w_{i,1}, w_{i-1,m}) \\ F(w_{i,2}, w_{i-1,m}) \\ \dots \\ F(w_{i,n}, w_{i-1,m}) \end{matrix} \end{matrix} \quad (1)$$

У свою чергу, кожна з елементарних робіт проекту може бути асоційована з певним ресурсним навантаженням, вимогами стейкхолдерів, виконання яких підтримує дана робота, відповідальними виконавцями та ризиками, які пов'язані з роботою [4]. Ці зв'язки також можуть бути задані у матричній формі:

– взаємозв'язок ресурсів та робіт i -го рівня. Кожен з елементів матриці визначається як доля від загального обсягу певного ресурсу, що використовується при виконанні роботи,

$$\begin{matrix} & w_{i,1} & w_{i,2} & \dots & w_{i,n} \\ \begin{matrix} recourse_1 \\ Recourse_i = recourse_2 \\ \dots \\ recourse_k \end{matrix} & \begin{matrix} F(recourse_1, w_{i,1}) \\ F(recourse_2, w_{i,1}) \\ \dots \\ F(recourse_k, w_{i,1}) \end{matrix} & \begin{matrix} F(recourse_1, w_{i,2}) \\ F(recourse_2, w_{i,2}) \\ \dots \\ F(recourse_k, w_{i,2}) \end{matrix} & \dots & \begin{matrix} F(recourse_1, w_{i,n}) \\ F(recourse_2, w_{i,n}) \\ \dots \\ F(recourse_k, w_{i,n}) \end{matrix} \end{matrix} \quad (2)$$

– взаємозв'язок відповідальних осіб та робіт i -го рівня. Елемент матриці дорівнює 1, якщо певна особа відповідає за виконання роботи, або 0 у іншому випадку,

$$\begin{matrix} & w_{i,1} & \dots & w_{i,n} \\ \begin{matrix} responsibility_1 \\ Responsibility_i = responsibility_2 \\ \dots \\ responsibility_z \end{matrix} & \begin{matrix} F(responsibility_1, w_{i,1}) \\ F(responsibility_2, w_{i,1}) \\ \dots \\ F(responsibility_z, w_{i,1}) \end{matrix} & \dots & \begin{matrix} F(responsibility_1, w_{i,n}) \\ F(responsibility_2, w_{i,n}) \\ \dots \\ F(responsibility_z, w_{i,n}) \end{matrix} \end{matrix} \quad (3)$$

– взаємозв'язок вимог стейкхолдерів проекту та робіт i -го рівня. Цей зв'язок може бути заданий у нечіткій формі. Нехай $\Phi(requirement_l, w_{i,j}) : requirement_l \times w_{i,j} \rightarrow [0;1]$ є функція приналежності нечіткого бінарного відношення (4).

Для всіх $requirement_l \in requirement$ та $w_{i,j} \in w_i$ функція $\Phi(requirement_l, w_{i,j})$ – це ступінь, у якому виконання j -ї роботи i -го рівня зумовлює виконання вимоги l . Відношення можна представити у матричній формі

$$\begin{matrix} & w_{i,1} & \dots & w_{i,n} \\ \begin{matrix} requirement_1 \\ Requirement_i = requirement_2 \\ \dots \\ requirement_l \end{matrix} & \begin{matrix} \Phi(requirement_1, w_{i,1}) \\ \Phi(requirement_2, w_{i,1}) \\ \dots \\ \Phi(requirement_l, w_{i,1}) \end{matrix} & \dots & \begin{matrix} \Phi(requirement_1, w_{i,n}) \\ \Phi(requirement_2, w_{i,n}) \\ \dots \\ \Phi(requirement_l, w_{i,n}) \end{matrix} \end{matrix} \quad (4)$$

– взаємозв'язок ризиків проекту та робіт i -го рівня. Цей зв'язок може бути заданий у нечіткій формі. Нехай $\Phi(risk_v, w_{i,j}) : risk_v \times w_{i,j} \rightarrow [0;1]$ є функція приналежності нечіткого бінарного відношення (4). Для всіх $risk_v \in risk$ та $w_{i,j} \in w_i$ функція $\Phi(risk_v, w_{i,j})$ – це ступінь, у якому виконання j -ї роботи i -го рівня зумовлює виникнення ризику v . Відношення можна представити у матричній формі

	$w_{i,1}$	$w_{i,2}$	...	$w_{i,n}$
$risk_1$	$\Phi(risk_1, w_{i,1})$	$\Phi(risk_1, w_{i,2})$	...	$\Phi(risk_1, w_{i,n})$
$Risk_i = risk_2$	$\Phi(risk_2, w_{i,1})$	$\Phi(risk_2, w_{i,2})$	...	$\Phi(risk_2, w_{i,n})$
...
$risk_v$	$\Phi(risk_v, w_{i,1})$	$\Phi(risk_v, w_{i,2})$	...	$\Phi(risk_v, w_{i,n})$

(5)

Також можна встановити зв'язок між стейкхолдерами проекту та їх певними вимогами:

	$requirement_1$	...	$requirement_l$
$stakeholder_1$	$F(stakeholder_1, requirement_1)$	...	$F(stakeholder_1, requirement_l)$
$S = stakeholder_2$	$F(stakeholder_2, requirement_1)$	...	$F(stakeholder_2, requirement_l)$
...
$stakeholder_u$	$F(stakeholder_u, requirement_1)$	...	$F(stakeholder_u, requirement_l)$

(6)

Елемент матриці визначає наявність або відсутність зв'язку між l -ю вимогою та u -м стейкхолдером – $F(stakeholder_u, requirement_l) = 1$, якщо зв'язок є, і $F(stakeholder_u, requirement_l) = 0$ за відсутністю зв'язку.

Використовуючи формули (1–5), отримуємо розподіл характеристик (елементів моделі), що вивчаються, за $(i-1)$ -м рівнем робіт:

$$\text{– ресурсів: } Recourse_{i-1} = M_{i,i-1} \cdot Recourse_i; \quad (7)$$

$$\text{– відповідальності: } Responsibility_{i-1} = M_{i,i-1} \cdot Responsibility_i; \quad (8)$$

$$\text{– вимог: } Requirement_{i-1} = M_{i,i-1} \cdot Requirement_i; \quad (9)$$

$$\text{– ризиків: } Risk_{i-1} = M_{i,i-1} \cdot Risk_i. \quad (10)$$

Це надасть змогу встановити зв'язки між окремими характеристиками. Наприклад, формули (10–12) пов'язують вимоги стейкхолдерів з ресурсами, необхідними для їх виконання, відповідальними особами та ризиками, які можуть виникнути при виконання вимог:

$$RRec = Requirement_{i-1}^T \cdot Recourse_{i-1}, \quad (11)$$

$$RRes = Requirement_{i-1}^T \cdot Responsibility_{i-1}, \quad (12)$$

$$RRis = Requirement_{i-1}^T \cdot Risk_{i-1}. \quad (13)$$

Надалі, використовуючи інформацію щодо стейкхолдерів та їх вимог (6), можна співвіднести ресурсне і ризикове навантаження окремих вимог зі стейкхолдерами, які їх висувають, що надасть змогу класифікувати зацікавлені сторони проекту за цими характеристиками.

Отже, для використання запропонованого методу формалізації метрик управління вимогами проекту необхідно виконати наступне:

1. Обрати рівень ієрархічної структури робіт проекту, для якого слід отримати інформацію щодо ресурсного та ризикового навантаження вимог. На основі WBS проекту побудувати матриці $M_{i,i-1}$, які зв'язують елементарні роботи проекту з сумарними роботами обраного рівня.

2. Сформувати матриці $Recourse_i$, $Requirement_i$, $Responsibility_i$ та $Risk_i$ для рівня WBS, який відповідає елементарним роботам проекту.

3. Послідовно використовуючи формули (7–10) отримати розподіл характеристик, що вивчаються, за досліджуваним рівнем робіт.

4. За формулами (11–13) отримати матриці (вектори), які пов'язують вимоги стейкхолдерів з ресурсами, необхідними для їх виконання, відповідальними особами та ризиками, які можуть виникнути при виконання вимог.

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Розглянемо умовний проект, ієрархічну структуру робіт якого представлено на рис. 1.

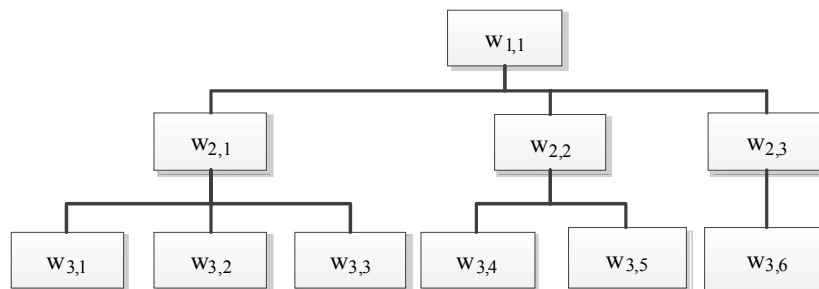


Рисунок 1 – WBS умовного проекту

Припустимо, що в проекті використовується три типи ресурсів ($resource_1$, $resource_2$, $resource_3$), які розподілено між елементарними роботами (третього рівня) наступним чином:

$$Resource_3 = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,05 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,4 \\ 0,1 & 0,55 & 0 \\ 0,2 & 0 & 0,1 \\ 0 & 0,4 & 0,2 \\ 0 & 0,05 & 0,3 \end{pmatrix};$$

і проект реалізує дві вимоги стейкхолдерів ($requirement_1$, $requirement_2$), виконання яких розподілено між елементарними роботами проекту так:

$$Requirement_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0,3 \\ 0,5 & 0 \\ 0 & 0,6 \\ 0,25 & 0 \\ 0,25 & 0 \\ 0 & 0,1 \end{pmatrix}.$$

5 РЕЗУЛЬТАТИ

Зв'язки між роботами третього та другого рівня проекту описує матриця M_{32} :

$$M_{32} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

В свою чергу, зв'язки між другим та першим рівнем робіт проекту задає вектор M_{21} : $M_{21} = [1 \ 1 \ 1]$.

Аналіз проекту проводимо для другого рівня WBS: розподіл ресурсів для другого рівня робіт:

$$Resource_2 = M_{32} \cdot Resource_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 0,2 & 0,05 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,4 \\ 0,1 & 0,55 & 0 \\ 0,2 & 0 & 0,1 \\ 0 & 0,4 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0,3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,4 \\ 0,2 & 0,4 & 0,3 \\ 0 & 0 & 0,3 \end{pmatrix};$$

– співвідношення вимог стейкхолдерів і ресурсів для другого рівня робіт:

$$RReR = Requirement_3^T \cdot Resource_3 = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 & 0 \\ 0,9 & 0 & 0,1 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 0,8 & 0,6 & 0,4 \\ 0,2 & 0,4 & 0,3 \\ 0 & 0 & 0,3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 & 0,35 \\ 0,72 & 0,54 & 0,39 \end{pmatrix}.$$

Таким чином, визначається ресурсне навантаження певної вимоги: перша вимога споживає 0,5 першого ресурсу; 0,5 другого ресурсу і 0,35 третього ресурсу; для другої вимоги значення споживання ресурсів, відповідно, 0,72, 0,54 і 0,39.

Матриця $RRes$ не враховує розподілу «спільних» ресурсів між окремими вимогами. З іншого боку, сума за стовбцями цієї матриці характеризує ефективність використання певного ресурсу щодо виконання вимог стейкхолдерів. Так, показник ефективності використання $resource_1$ складає 1,32, $resource_2$ – 1,04, $resource_3$ – 0,74.

Для врахування спільного використання ресурсів розрахуємо ресурсонавантаженість окремо за $requirement_1$:

$$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,3 & 0,2 \\ 0,1 & 0,2 & 0,15 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

та $requirement_2$:

$$\begin{pmatrix} 0,72 & 0,54 & 0,36 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,03 \end{pmatrix}.$$

Спільні ресурси визначаються наступною матрицею, кожен з елементів якої визначається як мінімальний з елементів двох попередніх матриць:

$$\begin{pmatrix} 0,4 & 0,3 & 0,2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Отже, $requirement_1$ споживає ресурси

$$\begin{pmatrix} 0,2 & 0,15 & 0,1 \\ 0,1 & 0,2 & 0,15 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

а $requirement_2$ –

$$\begin{pmatrix} 0,52 & 0,39 & 0,26 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,03 \end{pmatrix}.$$

Співвідношення вимог стейкхолдерів і ресурсів для другого рівня робіт з урахуванням спільного використання ресурсів (за умови рівномірного їх розподілу):

$$\begin{pmatrix} 0,3 & 0,35 & 0,25 \\ 0,52 & 0,39 & 0,29 \end{pmatrix}.$$

Аналогічно можна отримати матрицю взаємозв'язку вимог і осіб, відповідальних за їх виконання ($RRes$) та матрицю взаємозв'язку вимог і ризиків, що виникають при їх виконанні ($RRis$).

6 ОБГОВОРЕННЯ

У роботі отримано формалізацію зв'язків між окремими характеристиками моделі 4R & WS – ризиками, роботами, ресурсами, вимогами, стейкхолдерами та відповідальним особами проекту.

Відзначимо, що існуючі методи моделюють лише взаємозв'язки між роботами та ресурсами проекту, окремо відокремлюючи часові ресурси. Практичною реалізацією таких методів є програмне забезпечення для управління проектами – наприклад, MS Project, OpenProj, Ganttler для традиційного проектного менеджменту, Jira і Trello – для гнучких методологій розробки.

Так, MS Project дозволяє задати три типи ресурсів (рис. 2) та закріпити їх за роботами проекту, тривалість яких встановлюється окремо (рис. 3).

Такий підхід дозволяє не тільки розрахувати бюджет та тривалість проекту, а й відстежувати його виконання за допомогою методу освоєного обсягу, який контролює виконання проекту за часом та бюджетом. Виконання вимог стейкхолдерів не відстежується.

При використанні гнучких методологій завдання на проект формуються у вигляді «user stories» – історій користувача, які є відображенням вимог відповідного стейкхолдера. Кожна задача пов'язана з виконавцем та часом (інші ресурси не враховуються), який потрібен на її виконання. Відсутні явно задані зв'язки між окремими задачами.

Відмінною рисою запропонованого методу є його адаптивність під традиційні процеси проектного управління, що спрощує отримання вихідних даних та надалі надасть змогу використовувати стандартне програмне забезпечення для практичної реалізації методу.

При формуванні вихідних даних необхідно враховувати обмеження щодо існування різних типів вимог у проекті (взаємовиключних, підтримуючих, незалежних і обов'язкових), а також коректно використовувати методи нечітких множин при формуванні матриць $Requirement_i$ та $Risk_i$.

ВИСНОВКИ

Для прийняття обґрунтованих рішень і формалізації процесів управління вимогами необхідно створити

інструменти, які визначатимуть основні характеристики вимог у проекті. Результатом дослідження є встановлення формальних зв'язків між ризиками, роботами, ресурсами, вимогами, стейкхолдерами та відповідальним особами проекту. Використання методу формалізації метрик управління вимогами проекту дозволяє визначити ресурсо- та ризиконавантаженість певної вимоги, що надає можливість доповнити існуючі моделі класифікації і пріоритетизації вимог даними характеристиками. Аналогічно, можна отримати метрики для оцінювання ефективності команди проекту та класифікації зацікавлених сторін проекту.

Таким чином, у роботі вирішено актуальну задачу формалізації метрик процесів управління вимогами у проектах.

Науковою новизною роботи є розробка методу формалізації метрик управління вимогами проекту, який, на відміну від існуючих, дає змогу відстежувати виконання вимог стейкхолдерів проекту, враховуючи їх ризикове та ресурсне навантаження.

Практична цінність роботи полягає в тому, що запропонований метод дозволяє контролювати виконання проекту не лише за часовими та вартісними характеристиками, а й відстежувати ступінь задоволеності зацікавлених сторін проекту, що підвищує обґрунтованість проектних рішень відносно управління змінами та стейкхолдерами в проекті. Перспективою подальших досліджень є програма реалізації запропонованого методу.

ПОДЯКИ

Роботу виконано в рамках держбюджетної науково-дослідної теми Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова «Методологія та інформаційні технології управління стейкхолдерами проектів та програм міського розвитку» (ДР № 0116U003371).

№	Название ресурса	Тип	Единицы измерения материалов	Краткое название	Группа	Макс. единиц	Стандартная ставка	Ставка сверхурочных	Затраты на исполн.	Начисление	Базовый календарь
1	res1	Трудовой		r1		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
2	res2	Трудовой		r2		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
3	res3	Материальный		r3		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
4	res4	Затраты		r4		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
5	res5	Трудовой		r5		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
6	res6	Трудовой		r6		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
7	res7	Трудовой		r7		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
8	res8	Трудовой		r8		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный
9	res9	Трудовой		r9		100%	0,00р./ч	0,00р./ч	0,00р.	Пропорциональное	Стандартный

Рисунок 2 – Лист ресурсів проекту

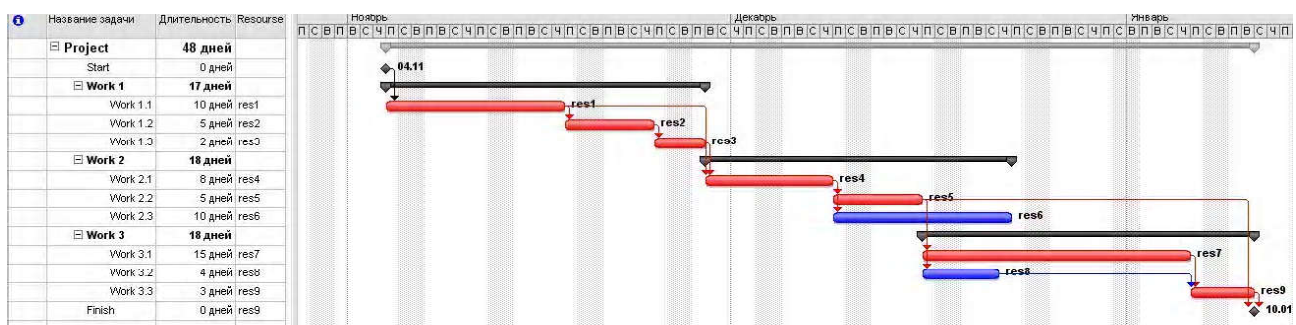


Рисунок 3 – Діаграма Ганта проекту

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. PMI's Pulse of the Profession®: The High Cost of Low Performance [Electronic resource]. – Access mode: http://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2016.pdf?sc_lang=temp=en
2. Pulse of the Profession®: Capturing the Value of Project Management [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2015.pdf>
3. Requirements Management: A Practice Guide. – Newtown Square, Pa. : Project Management Institute, Inc., 2016. – 93 p.
4. Гусева Ю. Ю. Матрична модель 4R & WS для класифікації стейкхолдерів проекту / Ю. Ю. Гусева, О. С. Мартиненко, І. В. Чумаченко // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 2 (1224). – С. 18–22.
5. Гусева Ю. Ю. Процесний підхід до моделювання і моніторингу вимог зацікавлених сторін / Ю. Ю. Гусева, О. С. Мартиненко, І. В. Чумаченко // Інформаційні технології та інновації в економіці, управлінні проектами і програмами: за заг. ред. В. О. Тимофєєва, І. В. Чумаченко. – Х. : ХНУРЕ, 2016. – С. 289–296.
6. Гусева Ю. Ю. Управління зацікавленими сторонами освітніх проектів / Ю. Ю. Гусева, М. В. Сидоренко, І. В. Чумаченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2016. – № 2 – С. 8–12.
7. A Guide To The Business Analysis Body Of Knowledge. – 3d Edition. – IIBA, 2015 – 657 p.
8. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). – Fifth Edition. – Newtown Square, Pa. : Project Management Institute, Inc., 2013. – 614 p.
9. Business Analysis for Practitioners: A practice Guide. – Newtown Square, Pa. : Project Management Institute, Inc., 2015. – 206 p.
10. Sommerville I. Software Engineering – 9th ed. / I. Sommerville. – Addison-Wesley., 2011. – 790 p.
11. The Agile Extension to the BABOK® Guide. – IIBA, 2013 – 134 p.
12. Miranda E. Timeboxing Planning: Buffered Moscow Rules / E. Miranda // ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. – 2011. – Volume 36, Number 6. – P. 1–5. DOI: 10.1145/2047414.2047428.
13. Fitzgerald J. S. Vienna development method / J. S. Fitzgerald, P. G. Larsen, M. Verhoef // Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering. – 2008. – P. 1–11. DOI: 10.1002/9780470050118.ecse447.
14. Spivey J. M. The z notation: a reference manual / J. M. Spivey. – Oriel College, 1998. – 1168 p.
15. Stakeholder management in construction: An empirical study to address research gaps in previous studies / [J. Yang, G. Q. Shen, M. Ho et al] // International Journal of Project Management. – 2011. – Vol. 29, No. 7. – P. 900–910. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.07.013
16. Macharis C. Multi actor multi criteria analysis (MAMCA) as a tool to support sustainable decisions: State of use / C. Macharis, L. Turcksin, K. Lebeau // Decision Support Systems. – 2012. – Vol. 54, No. 1. – P. 610–620.
17. Damian D. StakeSource2.0: using social networks of stakeholders to identify and prioritize requirements / D. Damian, A. Finkelstein // Proceedings of the 33rd international conference on Software engineering. – ACM. – 2011. – P. 1022–1024.
18. Мамонов К. А. Теоретико-методичні положення та особливості формування стейкхолдерів на підприємствах житлово-комунального господарства / К. А. Мамонов, О. О. Конопліна, Є. В. Гавриленко // Актуальні проблеми економіки: науковий економічний журнал. – 2014. – № 8. – С. 127–134.
19. Кадыкова И. Н. Информационная технология стратегического управления проектно-ориентированной организацией / И. Н. Кадыкова, С. А. Ларина, И. В. Чумаченко // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 3 (1225). – С. 9–15.

Стаття надійшла до редакції 12.06.2017.

Після доробки 21.08.2017.

Гусева Ю. Ю.¹, Мартиненко А. С.², Кадыкова И. Н.³, Чумаченко И. В.⁴

¹Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри управління проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина

²Аспирант кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина

³Канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина

⁴Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедры управления проектами в городском хозяйстве и строительстве, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, Харьков, Украина

МЕТРИКИ ПРОЦЕСОВ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТРЕБОВАНИЙ В ПРОЕКТАХ

Актуальность. Процессы управления требованиями являются одним из ключевых факторов успеха или неудачи проекта. Исследования в области проектного менеджмента показывают, что именно эти процессы недостаточно формализованы. Следовательно, есть необходимость разработки и формализации методов управления и контроля требований, в частности, для проектов, управление которых осуществляется по традиционным или комбинированным методологиям.

Цель работы – формализация метрик процессов управления требованиями в проектах. Объектом исследования являются процессы управления и контроля требований в проектах, предметом исследования – метрики, характеризующие требования в проекте.

Метод. Использованы методы анализа и синтеза, методы нечетких множеств и операции над матрицами. Предложено использование модели, которая устанавливает связи между отдельными характеристиками проекта (риски, работы, ресурсы, требования, стейкхолдеры и ответственные лица проекта) с помощью иерархической структуры работ. Предложена формализация метрик модели, которая позволит отслеживать динамику выполнения проекта и идентифицировать заинтересованные стороны проекта по определенным направлениям.

Результаты. На основе сопоставления иерархической структуры работ с иерархическими структурами требований, рисков, ресурсов и организационной структурой проекта разработан метод формализации метрик управления требованиями проекта. Предложенный метод позволяет отслеживать выполнение требований заинтересованных сторон проекта во времени в соответствии с объемом фактически израсходованных ресурсов по аналогии с методом освоенного объема. Адаптивность метода к традиционным процессам менеджмента проектов позволяет использовать исходные данные – уже сформированные активы проекта и стандартное программное обеспечение (в частности, MS Project, OpenProj) для практической реализации метода.

Выводы. Предложенный метод формализует процессы управления требованиями в проекте, позволяет определять ресурсную и рисковую нагрузку требований, дополняет существующие модели классификации требований данным метриками. Метод формализации метрик управления требованиями проекта позволяет также получить инструменты для оценки эффективности команды проекта и классификации заинтересованных сторон проекта. Проведенные эксперименты подтвердили работоспособность предложенного математического обеспечения и позволяют рекомендовать его использование на практике при принятии проектных решений по управле-

Наукове видання

**Радіоелектроніка,
інформатика,
управління**

№ 4/2017

Науковий журнал

Головний редактор – д-р техн. наук С. О. Субботін

Заст. головного редактора – д-р техн. наук Д. М. Піза

Комп'ютерне моделювання та верстання
Редактор англійських текстів

С. В. Зуб
С. О. Субботін

Оригінал-макет підготовлено у редакційно-видавничому відділі ЗНТУ

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 6904 від 29.01.2003.

*Підписано до друку 28.12.2017. Формат 60×84/8.
Папір офс. Різогр. друк. Ум. друк. арк. 24,41.
Тираж 300 прим. Зам. № 1133.*

69063, м. Запоріжжя, ЗНТУ, друкарня, вул. Жуковського, 64

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2394 від 27.12.2005.